

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

PATENT-ASSIGNEE: SHINETSU CHEM IND CO LTD[SHIE]  
PRIORITY-DATA: 1997JP-0347427 (December 17, 1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES	MAIN-IPC	
JP 11174382 A	July 2, 1999	N/A
004	G02B 027/28	

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 11174382A	N/A	1997JP-0347427
December 17, 1997		

TITLE: Polarized wave independent optical isolator ---  
manufacturing method for optical communication system -  
involves measuring polarized wave dispersion of forward  
direction permeability beam radiated from isolator, when  
isolators are at minimum polarized wave dispersion position

INT-CL (IPC): G02B027/28; G02F001/09

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11174382A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - A coherent light beam is incident  
on isolator (1) after assembling isolators (1,2) on  
concave arc jig (3). The polarized wave dispersion of  
forward permeability beam radiated from isolator (2), is  
measured. While measuring, isolators are fixed to position  
at which polarized wave dispersion is minimum and that  
fixed position forms the 90 deg. rotation position of  
isolators.

USE - Used in optical communication system.

ADVANTAGE - Since polarized wave independent type optical  
isolator has large isolation and small polarized wave  
dispersion, small optical isolator with sufficient yield  
is manufactured. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure  
shows the perspective diagram midway through manufacturing  
a polarized wave independent type optical isolator. (1,2)  
Optical isolators; (3) Concave arc jig.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-174382

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 27/28

G 0 2 B 27/28

A

G 0 2 F 1/09

5 0 5

G 0 2 F 1/09

5 0 5

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号

特願平9-347427

(22) 出願日

平成9年(1997)12月17日

(71) 出願人 000002060

信越化学工業株式会社

東京都千代田区大手町二丁目6番1号

(72) 発明者 杉山 慎

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内

(72) 発明者 渡邊 聡明

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内

(72) 発明者 滝王 俊彦

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内

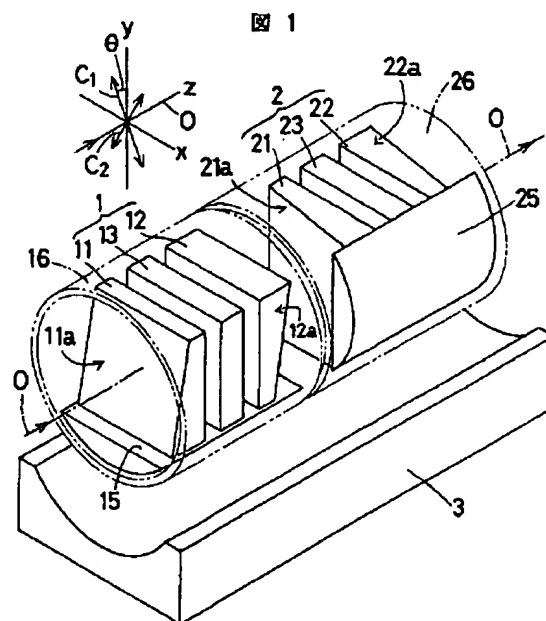
(74) 代理人 弁理士 小宮 良雄

(54) 【発明の名称】 偏波無依存型光アイソレータの製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 大きなアイソレーションをもち偏波分散が小さい偏波無依存型光アイソレータを高歩留まりで能率的に製造する方法を提供する。

【解決手段】 第1のくさび形の複屈折結晶板11, 21とファラデー回転子13, 23と第2のくさび形の複屈折結晶板12, 22とを順に並べたアイソレータユニットの2段を、各くさび形の傾斜面を中心軸に関し90°回転させて直列に重ね合わせた偏波無依存型光アイソレータの製造方法において、予め組み立ててある第1段のアイソレータユニット1と第2段のアイソレータユニット2を重ね合わせてから、コヒーレントな光ビームを第1段のアイソレータユニット側から入射させ、第2段のアイソレータユニットから出射する順方向透過ビームの偏波分散を測定しながら、第1段のアイソレータユニットまたは第2段のアイソレータユニットを中心軸に関し回転させ、偏波分散が最小になる位置を前記90°回転の位置として固定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のくさび形の複屈折結晶板とファラデー回転子と第2のくさび形の複屈折結晶板とを順に並べたアイソレータユニットの2段を、各くさび形の傾斜面を中心軸に関し90°回転させて直列に重ね合わせた偏波無依存型光アイソレータの製造方法において、予め組み立ててある第1段のアイソレータユニットと第2段のアイソレータユニットを重ね合わせてから、コヒーレントな光ビームを第1段のアイソレータユニット側から入射させ、第2段のアイソレータユニットから出射する順方向透過ビームの偏波分散を測定しながら、第1段のアイソレータユニットまたは第2段のアイソレータユニットを中心軸に関し回転させ、偏波分散が最小になる位置を前記90°回転の位置として固定する光アイソレータの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システムのなかに組み込まれる光アイソレータであって、偏波無依存型光アイソレータの製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光通信システムのなかに組み込まれる光学部品として、光を伝送の順方向には通すが、逆方向には通さない光アイソレータがあり、偏波依存型と偏波無依存型のものが知られている。偏波依存型光アイソレータは、特定な偏波面を持つ偏光だけが順方向に透過し、その反射光となって戻る逆方向の光は偏光の性質を利用して遮断するものであるから、光源が偏光でない順方向透過率（挿入損失）は悪くなるが、いわゆる偏波分散（PMD:Polarization Mode Dispersion）は理論的にも生じない。これに対し偏波無依存型光アイソレータは、偏波面には影響されることなく凡ゆる偏光成分の光を順方向に透過させ、逆方向の光は系外に導くものであるから、透過後の各偏光成分の間に位相差が出る、すなわち偏波分散が生ずることになるが、順方向透過率の損失は少ない。

【0003】従来、挿入損失の改善を重視する見地から偏波無依存型光アイソレータが主に開発されてきた。通信の高速化、高密度化が必要とされる分野では、大きなアイソレーションを持つ光アイソレータが要求され、この要求を満たす偏波無依存型光アイソレータが特公昭61-58811号公報に開示されている。この偏波無依存型光アイソレータは、第1のくさび形の複屈折結晶板とファラデー回転子と第2のくさび形の複屈折結晶板とを順に並べた光アイソレータを2段に直列に重ねてあり、各光アイソレータ間では対応するくさび形の傾斜面を中心軸に関し90°回転させてある。各光アイソレータ間の相対角度90°の調整が良ければ、最近の要求水準である50dBを越えるアイソレーションも実現可能である。

【0004】一方、偏波無依存型光アイソレータで生ずる偏波分散は、偏波成分に対する光路長の相違から生じるもので、光通信の信号パルスの波形を劣化させる要因となるから、極力抑える必要がある。最近の要求水準では偏波分散を0.1PS（Pico Second）以下にすることが望まれている。上記した構成の偏波無依存型光アイソレータは、特開平6-11664号公報の記載によれば、偏波分散を抑えることができるとされている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】この偏波無依存型光アイソレータを製造するにあたり、2つの光アイソレータの相対角度90°を厳密に調整し固定するのはかなりの熟練と手間を要する。各光アイソレータに目印等を付し寸法的な計測をしながら相対角度を調整するだけでは不正確であるため、実際に光を透過させて逆方向の挿入損失を測定しながら一方の光アイソレータを回転させ、その挿入損失が最大になった位置を最良調整角度として、この位置で固定するという手法がとられてきた。アイソレーションは順方向の光透過率（順方向の挿入損失）と逆方向の光透過率（逆方向の挿入損失）との差であるから、測定すべき偏波無依存型光アイソレータが同一の状態、すなわち2つの光アイソレータの相対角度が回転していない状態で順方向と逆方向の光透過率を測定する必要がある。アイソレーションを1回測定する都度、順方向と逆方向とに光源と受光器とを付け換え、これを何回も繰り返さなければアイソレーションが最大になる位置に調整できなかったため、能率が悪いものであった。

【0006】さらに、この方法で調整して得られた大きなアイソレーションの偏波無依存型光アイソレータであっても、必ずしも偏波分散は十分に低減されてないことがある。

【0007】本発明は、このような問題点を解消するためになされたもので、大きなアイソレーションをもち偏波分散が小さい偏波無依存型光アイソレータを高歩留まりで能率的に製造する方法を提供するものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の発明者は、前記従来の偏波無依存型光アイソレータのアイソレーションと偏波分散との関係を数々調べ、統計的に分析した結果、大きなアイソレーションをもつからといって必ずしも偏波分散が小さいとは限らないが、偏波分散が低ければアイソレーションは大きくなるという知見を得て本発明を完成するに至った。

【0009】前記の目的を達成するためになされた本発明の偏波無依存型光アイソレータの製造方法は、第1のくさび形の複屈折結晶板とファラデー回転子と第2のくさび形の複屈折結晶板とを順に並べたアイソレータユニットの2段を、各くさび形の傾斜面を中心軸に関し90°回転させて直列に重ね合わせた偏波無依存型光アイソレータの製造方法において、予め組み立ててある第1段

のアイソレータユニットと第2段のアイソレータユニットを重ね合わせてから、コヒーレントな光ビームを第1段のアイソレータユニット側から入射させ、第2段のアイソレータユニットから出射する順方向透過ビームの偏波分散を測定しながら、第1段のアイソレータユニットまたは第2段のアイソレータユニットを中心軸に関し回転させ、偏波分散が最小になる位置を前記90°回転の位置として固定するものである。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明を適用する偏波無依存型光アイソレータの製造方法の実施例を図面を参照しながら以下に説明する。

【0011】先ず予め用意する材料は、図1に示す、4枚のくさび形複屈折結晶板11・12・21・22、偏光面を45°回転する同一寸法に研磨仕上げした2枚のファラデー回転子13・23、同一寸法の2本の円弧柱板15・25、および長手方向の中央部にファラデー回転子13（または23）を覆う寸法の円筒磁石（不図示）を嵌め込んである2本の円筒ホルダ16・26である。複屈折結晶板11・12・21・22は、各々同一の角度のくさび傾斜面11a・12a・21a・22aに加工されるとともに所定の方向に光学軸を持ち、くさび傾斜面と光学軸の相対関係も含めて全て同一に仕上げられている。

【0012】円弧柱板15に、光の順方向（中心軸Oの矢印参照）入射側に傾斜面11aを向けて複屈折結晶板11のくさび底辺、ファラデー回転子13、および出射側に傾斜面12aを向けて複屈折結晶板12のくさび頂辺を、接着剤により接着する。その全体を円筒ホルダ16に挿入して固定することで、光アイソレータユニット1が得られる。

【0013】同様に円弧柱板25に、複屈折結晶板21、ファラデー回転子23、および複屈折結晶板22を接着剤により接着し、全体を円筒ホルダ26に挿入して固定することで、光アイソレータユニット2が得られる。光アイソレータユニット2は、光アイソレータユニット1と同一形状になる。

【0014】次に光アイソレータユニット1と光アイソレータユニット2を、円筒ホルダ16および26の外径と同一内径を持つ凹円弧治具3に直列に並べて載置する。そして光アイソレータユニット2を光アイソレータユニット1に対し反時計回り方向に略90°回転させることで、複屈折結晶板21および22のくさび傾斜面11aおよび12aは、各々複屈折結晶板11および12のくさび傾斜面11aおよび12aに対して中心軸Oに関し90°回転する。

【0015】この状態で、図2に示すように、レーザーダイオード4にシングルモードの光ファイバー5で連結されたコリメータ6を光アイソレータユニット1の順方向入射面に繋ぎ、偏波分散測定器9にシングルモードの

光ファイバー8で連結されたコリメータ7を光アイソレータユニット2の順方向出射面に繋ぐ。レーザーダイオード4の発光波長は、偏波無依存型光アイソレータが使用される通信系の波長である。偏波分散測定器9としては、市販品にヒューレットパッカード（HewlettPackard）社製のHP-8509Bがある。

【0016】レーザーダイオード4からのレーザービームを入射させ、光アイソレータユニット1および2を順方向に透過して出射するビームを偏波分散測定器9で測定監視しながら、光アイソレータユニット2を凹円弧治具3上で中心軸Oに関し僅かずつ回転させる。偏波分散測定器9で測定される偏波分散値が最小になったところで回転を止め、光アイソレータユニット1および2を相互に接着固定することで、目的とする偏波無依存型光アイソレータが得られる。

【0017】完成した偏波無依存型光アイソレータの光アイソレータユニット1における光伝送の順方向から見た、複屈折結晶板11の光学軸は、図1のx-y-z座標のC1に示す方向となる。同じく複屈折結晶板12の光学軸は、同じくC2に示す方向となる。したがって複屈折結晶板11の光学軸C1と複屈折結晶板12の光学軸C2とはy-z平面（およびz-x平面）に関し面対称となる。同じく光アイソレータユニット2における光伝送の順方向から見た、複屈折結晶板21および22の光学軸は、図示外ではあるが、各々複屈折結晶板11および12の光学軸C1およびC2に対して90°回転した方向となる。

【0018】偏波無依存型光アイソレータについて、試作品の性能テストを行った。

【0019】各光アイソレータユニットには、以下の部品をした。複屈折結晶板はTiO<sub>2</sub>単結晶を、光学軸の角度（図1、x-y座標の角度θ）48°、外周1.2mm□、くさび頂辺（最薄部）の厚さ0.5mm、くさび傾斜面の角度4°に仕上げたものである。ファラデー回転子はBi置換型YIG単結晶を、外周1.2mm□、厚さ0.6mm（ファラデー回転角45°に相当）に加工したものである。

【0020】この部品で試作した光アイソレータユニットで、上記本発明の製造方法により100個の偏波無依存型光アイソレータを試作した。尚、この試作に使用した装置は図2に示すとおりで、レーザーダイオード4（図2参照）は波長1550nm、コリメータ6および7は非球面レンズからなり相互間隔300mmの間に光アイソレータユニット1および2が置かれる。コリメータ6からは300μmφの平行ビームが出射するように調整されている。試作時には偏波分散測定器9で偏波分散が最小値になるよう光アイソレータユニット相互を位置決めした。

【0021】試作品100個の偏波無依存型光アイソレータの偏波分散（最小値に相当）は、いずれも0.1P

5

S (Pico Second) 以下であった。またこの試作品100個の偏波無依存型光アイソレータのアイソレーションを順方向の光透過率と逆方向の光透過率を測定して比較するという常法により測定したところ、いずれも50 dB以上であった。

【0022】比較のため、従来の方法により100個の偏波無依存型光アイソレータを試作した。上記同一に試作した光アイソレータユニットを2つずつ略90°回転させて並べておき、前記と同一のレーザービームを透過させてアイソレーションを測定しながら一方の光アイソレータを回転させ、アイソレーションが最大になった位置で2つの光アイソレータユニットを接着固定する方法を採用した。この比較試作品100個の偏波無依存型光アイソレータのアイソレーションは、いずれも50 dB以上であった。さらにこの比較試作品100個の偏波分散を前記と同一の偏波分散測定器9で測定したところ、広範に分布していた。

【0023】上記のとおり試作品および比較試作品の性能評価の結果、偏波分散が小さければアイソレーションは大きくなるが、大きいアイソレーションをもつからといって必ずしも偏波分散が小さいとは限らなかった。よって本発明の製造方法により製造した偏波無依存型光アイ

6

ソレータは、偏波分散が小さくかつアイソレーションが大きなものが得られる。

【0024】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように本発明の製造方法によれば、得られた偏波無依存型光アイソレータは、アイソレーションが大きく、かつ偏波分散が小さなものとなる。製造工程中で、偏波分散を確認するだけで、アイソレーションが大きなものが得られるので、極めて効率的に歩留まり良く偏波無依存型光アイソレータを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

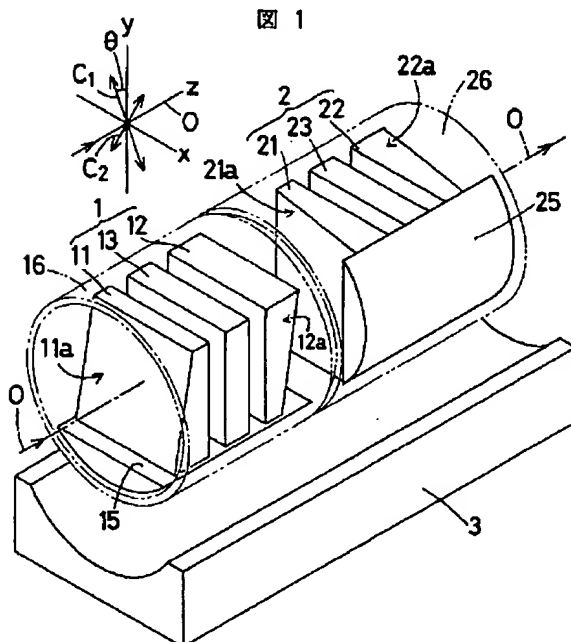
【図1】本発明を適用する製造方法により偏波無依存型光アイソレータを製造する途中の斜視図である。

【図2】本発明を適用する製造方法により偏波無依存型光アイソレータを製造する途中の配置図である。

【符号の説明】

1・2は光アイソレータユニット、3は凹円弧治具、4はレーザーダイオード、5・8は光ファイバー、6・7はコリメータ、9は偏波分散測定器、11・12・21・22は複屈折結晶板、11a・12a・21a・22aはくさび傾斜面、13・23はファラデー回転子、15・25は円弧柱板、16・26は円筒ホルダである。

【図1】



【図2】

